

Ericoid mykorrhiza hos trädgårdsblåbär

– Olika odlingsfaktorerers inverkan på mykorrhizabildning hos trädgårdsblåbär

Ericoid Mycorrhiza in Blueberries

– The Effect of Different Growth Factors on Mycorrhizal Formation in Blueberries

Christian Engberg



Ericoid mykorrhiza hos trädgårdsblåbär

- Olika odlingsfaktorerers inverkan på mykorrhizabildning hos trädgårdsblåbär

Ericoid Mycorrhiza in Blueberries

- The Effect of Different Growth Factors on Mycorrhizal Formation in Blueberries

Christian Engberg

Handledare: Siri Caspersen, SLU, Hortikultur

Examinator: Håkan Asp, SLU, Hortikultur

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör:odling - kandidatprogram

Examen: Trädgårdsingenjör, kandidatexamen i trädgårdsvetenskap

Ämne: Trädgårdsvetenskap

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: januari 2016

Omslagsbild: Siri Caspersen

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: ericoid mykorrhiza, trädgårdsblåbär, odlingsfaktorer, jordförbättring, marktäckning, kväve, ympning

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Intuitionen för biosystem och teknologi

Sammanfattning

Trädgårdsblåbär är ett samlingsnamn för *Vaccinium corymbosum*, *V. angustifolium*, *V. ashei* och olika hybrider mellan dessa arter. Ericoid mykorrhiza kallas symbiosen mellan växter i familjen Ericaceae och sporsäcksvampar. Svampen bildar hyfnystan i hårrotens epidermisceller som sedan växer ut ur cellerna och ut i marken. Svamparna hjälper till med nedbrytningen av organiskt material genom att producera enzymer som ökar mineraliseringen. Näringen kan sedan transporteras till växtens rötter av svamphyferna. I utbyte förser växten svamparna med kol. Många odlingsfaktorer påverkar varandra i mykorrhizabildningen. I denna litteraturstudie har faktorerna jord, gödsling, marktäckning, sort och ympning diskuterats. Ett pH-värde mellan 4,0 - 5,5 är optimalt för odling av trädgårdsblåbär. Är pH-värdet lägre än 4,0 medför detta en högre tillgänglighet av aluminium vilket kan skada rötterna. Ett högre pH-värde än 5,5 minskar tillgängligheten av järn och mangan och bristsymptom kan uppkomma. Blåbär som växer på jordar med en hög halt organiskt material har i regel en hög mykorrhizainfektion. Blåbärens rötter är känsliga för höga halter av kväve, och en för hög halt tillsatt kväve kan minska mykorrhizainfektionen, speciellt hos unga plantor. Användning av organisk marktäckning medför ett större behov av kvävetillförsel eftersom mycket av markens kväve används av nedbrytande mikroorganismer. Marktäckning med torv har visat ge en ökad tillväxt hos blåbär. I Sverige odlas mest arterna *V. corymbosum* och *V. angustifolium* och inom dessa två arter sorter som klarar av lägre temperaturer. I litteraturstudien har fyra sorter som är vanliga i svensk odling jämförts. Slutligen diskuteras metoden ympning, där man genom att ympa in mykorrhizasvampar på blåbärens rötter kan öka mykorrhizainfektionen. Mykorrhizabildningen varierar mellan olika sorter och isolat. Litteraturstudien visar att man kan påverka mykorrhizabildningen med hjälp av olika odlingsfaktorer som alla samspelar med varandra.

Summary

Blueberries consists of the species *Vaccinium corymbosum*, *V. angustifolium*, *V. ashei*, and a number of hybrids between these three species. Ericoid mycorrhiza is the symbiosis between plants of the Ericaceae family and mainly Ascomycota fungi. The fungi invades the periderm cells in the hair roots and form mycelial coils. The hyphae then grow out into the soil. The fungi helps with the decomposing of organic matter by releasing enzymes that increase mineralization. The hyphae then transport the nutrients into the blueberry roots. In exchange, the plant provides carbon to the fungus. Many growth factors affect each other in the mycorrhiza formation. In this literature review soil, fertilization, mulching, cultivar and inoculation have been discussed. A pH-value within the range 4.0 – 5.5 is optimal for growing blueberries. If the pH-value is lower than 4.0, a higher rate of aluminium will be available for the plant and this could damage the roots. A higher pH-value than 5.5 reduce the available iron and manganese in the soil and deficiency symptoms may occur. Blueberries that grow on soils that contain of a high degree of organic matter normally have a high mycorrhizal infection. The roots are sensitive to high levels of nitrogen, and higher concentrations can decrease the mycorrhizal infection, especially for younger plants. When using mulches, a higher fertilizer rate is required since a lot of the soil nitrogen is used by microorganisms degrading the mulch. In Sweden, cultivars of *V. corymbosum* and *V. angustifolium* that manage low temperatures are most commonly grown. In this literature review four different cultivars, common in swedish commercial cultivation are being compared. Lastly, the method of inoculation is being discussed. Mycorrhizal infection can be increased by inoculation with mycorrhizal fungi. The literature review shows that one can affect mycorrhizal infection by optimizing different growth factors, which are all interacting with one another.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	6
1.1 Mål och syfte.....	7
1.2 Frågeställning.....	7
2. Material och metod.....	7
3. Resultat.....	8
3.1 Jord.....	8
3.2 Kvävegödsling.....	10
3.3 Marktäckning.....	11
3.4 Sorter.....	13
3.4.1 Duke.....	14
3.4.2 Reka.....	14
3.4.3 Northblue.....	14
3.4.4 Bluecrop.....	15
3.5 Ympning.....	15
4. Diskussion.....	16
5. Slutsats.....	20
6. Källhänvisningar.....	21

1. Introduktion

Trädgårdsblåbär är ett samlingsnamn på de odlade arterna *Vaccinium corymbosum* L., *V. angustifolium* Ait., *V. ashei* Reade., och det ingår även ett antal olika hybrider mellan dessa arter (Retamales och Hancock, 2012). Vilda blåbär trivs på sura jordar med en hög halt organiskt material (Nilsson, 2011), och man försöker vid odling efterlikna de naturliga förhållandena genom tillsättning av organiskt material för att öka jordens mullhalt och sänka pH-värdet (Haynes och Swift, 1985). Ericoid mykorrhiza kallas symbiosen mellan sporsäcksvampar och växter ur familjen Ericaceae (Smith och Read, 2008). Svampen växer in i växtens hårrötter där hyfnystan bildas i rötternas epidermisceller och hyferna kan sedan växa ut i jorden (Smith och Read, 2008). Det är tack vare symbiosen mellan rot och svamp som blåbär klarar av att växa på sura jordar där tillgången på växttillgängligt kväve och fosfor är låg (Retamales och Hancock, 2012). Svamparna hjälper till med nedbrytningen av organiskt material genom att producera enzymer som mineraliserar det organiska materialet och gör det tillgängligt för växtens rötter (Smith och Read, 2008). Näringen transporteras sedan med hjälp av hyferna in i växtens rötter. Samtidigt förser växten svampen med kol, och man talar då om en mutualism, då båda parterna gynnas av symbiosen (Smith och Read, 2008). En hög mykorrhizabildning bidrar till en ökad planttillväxt och rottorrsvikt (Yang et al. 2002). Försök att ympa in svampisolat på växtens rötter har gjorts för att försöka öka mykorrhizainfektionen eftersom infektionen på odlade blåbär ibland kan vara låg (Scagel et al. 2005).

Blåbär tar lättare upp kväveformen ammonium än nitrat, och det är därför vanligare att gödsla med en högre andel ammonium (Retamales och Hancock, 2012). Vid tillförsel av ammonium kommer även pH-värdet i rotzonen att sjunka. Då forskning visat att det finns ett samband mellan en ökande mykorrhizainfektion och en större planttillväxt (Bajwa och Read, 1986; Scagel, 2005; Starast et al. 2006; Tang et al. 2014) kommer resultatdelen i kandidatarbetet att fokusera på vilka faktorer som kan öka mykorrhizainfektionen hos trädgårdsblåbär.

1.1 Mål och syfte

Målet med kandidatarbetet är att sammanställa information från vetenskapliga artiklar och beskriva några viktiga odlingsfaktorer som kan ge en ökad mykorrhizasymbios mellan trädgårdsblåbär och svampar. Åtgärder som kan öka tillväxten hos trädgårdsblåbär kommer även att diskuteras. Syftet är att bidra till en ökad kunskap om vad som påverkar mykorrhizabildning. Dessa faktorer ska odlaren själv kunna styra för att kunna gynna plantan och i slutändan få en större tillväxt och högre avkastning. De faktorer som kommer att beskrivas är jorden och dess pH-värde, gödsling, effekter av marktäckning, inympning av mykorrhizasvampar på rötter innan utplantering och skillnader mellan olika blåbärssorter gällande mykorrhizasymbios och tillväxt.

1.2 Frågeställning

- Hur kan man öka mykorrhizabildningen med hjälp av olika odlingsfaktorer?
- Vilka faktorer påverkar tillväxt hos trädgårdsblåbär?

2. Material och metod

Till denna litteraturstudie har största delen av materialet tagits från vetenskapliga artiklar som är hämtade från databasen Web of Science. Andra referenser har inhämtats från Primo och Google Scholar. De använda sökorden har varit framförallt ericoid mycorrhiza, *Vaccinium corymbosum*, *Vaccinium angustifolium*, mycorrhizal infection. Boken *Mycorrhizal Symbiosis* av S.E Smith och D.J. Read (2008) har varit till hjälp för att förstå hur symbiosen går till, både i marken och inne i växten. En användbar referens har varit den vetenskapliga artikeln *Cultural Variation and Mycorrhizal Status of Blueberry Plants in NW Oregon Commercial Production Fields* (Scagel och Yang, 2005), där författarna mätte mykorrhizaförekomsten på blåbärsplantor som var odlade under olika odlingssystem. I artikeln diskuterades ämnet vitt och brett vilket gjorde att det fanns mycket intressanta och användbara referenser till andra vetenskapliga artiklar i referenslistan. Allmän information om trädgårdsblåbär har hittats i boken *Blueberries* (Retamales och Hancock, 2012).

3. Resultat

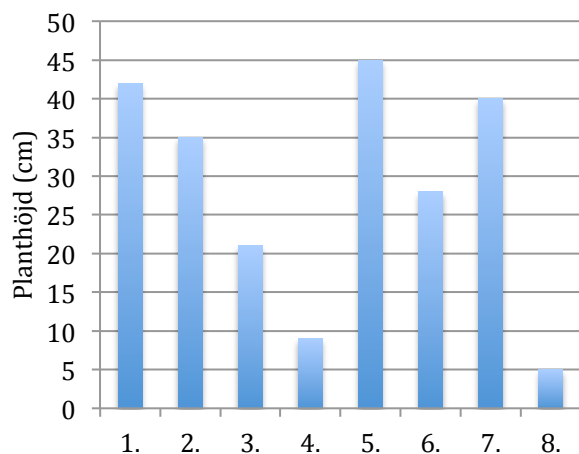
3.1 Jord

Blåbär trivs i lätta jordar med ett pH mellan 4,0 - 5,5 (Retamales och Hancock, 2012). På sura jordar är mykorrhizabildningen högre än på jordar med högre pH-värde. (Haynes och Swift, 1985; Eynard och Czesnik, 1989). Enligt Retamales och Hancock (2012) kan ett högre pH leda till en minskning av växttillgängligt järn och mangan. Scagel och Yang (2005) har visat att blåbär som växer på jordar med ett högre pH-värde har lägre rotbiomassa, kortare rotlängd och en lägre mykorrhizainfektion. Vid tillsättning av näringsämnen under högt pH riskerar dessa ämnen att bindas i marken och kan då inte tas upp av rötterna (Starast et al. 2005). Om pH-värdet istället är för lågt (<4,5), kan detta medföra att höga halter aluminium blir tillgängligt för växten, vilket kan skada rötterna (Retamales och Hancock, 2012). För att sänka markens pH rekommenderas tillsättning av ammoniumsulfat eller enbart svavel (Yadong et al. 2006; Bryla och Machado, 2011). Enligt Yang et al. (1996) bör tillsättning av aluminiumsulfat undvikas för att hindra en ökande aluminiumkoncentration i marken.

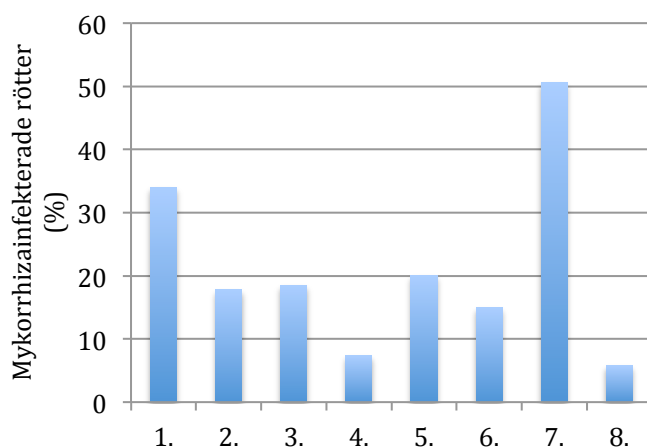
För att växten ska kunna tillgodose sig den bundna näringen i marken bistår mykorrhizasvamparna med enzymer, som hjälper till med nedbrytningen av organiskt material (Smith och Read, 2008). Enzymerna gör det möjligt för svampen att bryta ned dött växtmaterial på cellnivå till mineralämnen. (Cairney och Burke, 1998). Ett exempel på enzym är siderophorer (järn-bärare), kelat som binder sig till järn (Fe^{3+}), varvid järn kan tas upp av växtens rötter (Haselwandter, 2008). Aktiviteten av enzymerna är påverkad av markens pH, där värden mellan 3,5 - 5,5 ger god rörlighet, med högst rörlighet vid pH 4,5 (Federspiel et al. 1991).

Trädgårdsblåbär trivs i jordar med en hög halt organiskt material (Yadong et al. 2006). Eynard och Czesnik (1989) såg en ökad mykorrhizabildning på jordar som hade en högre andel organiskt material. Dessa jordar hade även ett lägre pH-värde. Jordar med högt organiskt material innehåller även en hög halt kväve vilket minskar behovet av kvävegödsling (Retamales och Hancock, 2012). Yadong et al. (2006) såg att en ökande halt av organiskt material medförde ett ökande näringsupptag, en ökande rotaktivitet och en högre fotosyntes i bladen. Även högre mykorrhizabildning kunde mätas i rötter

som vuxit i jordar med organiskt material jämfört med kontrollplantorna utan organiskt material (figur 2). Vid användning av enbart svavel (2 kg/m^3) var mykorrhizabildningen hög, trots den låga halten organiskt material. Man jämförde även de olika organiska materialen mossa, torv och sågspån där mossa och torv blandat med svavel gav bättre resultat än sågspån (figur 1). Inblandning av sågspån visades även av Yang et al. (2002) ge kortare rötter och mindre mykorrhizainfektion. Sågspån från gran och tall är ett vanligt organiskt material som man tillför i jorden vid blåbärsodling (Retamales och Hancock, 2012), trots detta har flera försök visat att just sågspån hämmar tillväxten av plantan och uppkomsten av mykorrhiza (Goulart et al. 1996; Yang et al. 2002; Yadong et al. 2006). Anledningen tros vara att sågspån har en hög C/N-kvot ($>30:1$) vilket leder till att kvävet binds hårt till marken och blir otillgängligt för rötterna, och man måste därför, vid användning av sågspån tillsätta extra kväve för att förhindra detta (Yang et al. 2002; Retamales och Hancock, 2012).



Figur 1. Längdtillväxt för olika behandlingar hos sorten 'Bluecrop' i kruka. 1) Mossa 2) Torv 3) Sågspån 4) Sand 5) Mossa+Torv 6) Torv+Sågspån 7) Svavel 2 kg/m^3 8) Kontroll (utan inblandning). Behandling 1-6; inblandat i jord med tillsatt svavel (1 kg/m^3) (Yadong et al. 2006).



Figur 2. pH-värde och mykorrhizainfektion mätt i procent för de olika behandlingarna på sorten 'Northland' planterad i kruka. 1) Mossa 2) Torv 3) Sågspån 4) Sand 5) Mossa+Torv 6) Torv+Sågspån 7) Svavel 2 kg/m³ 8) Kontroll (utan inblandning). Behandlingarna är inblandade i jord med tillsatt svavel (1 kg/m³), förutom i kontrollgruppen där inget svavel är tillsatt. pH-värde: 1) 5,56 2) 5,72 3) 6,20 4) 7,19 5) 4,75 6) 6,00 7) 4,94 8) 7,22 (Yadong et al. 2006).

3.2 Kvävegödsling

Halten näring som ska tillsättas vid blåbärsodling är beroende av en rad olika faktorer så som pH-värde i marken, appliceringsteknik och typ av organiskt material (Hanson, 2006). Näringen appliceras i antingen flytande eller fast form. Enligt Hart et al. (2006) kan man vid gödsling i fast form dela upp appliceringen i tre omgångar under en odlingssäsong. Vid användning av ett droppbevattningssystem kan flytande gödselmedel tillsättas direkt i vattnet (Bryla, 2011). På detta sätt kommer både vatten och näring appliceras nära plantans rötter, vilket leder till minskade vatten- och näringsförluster (Bryla, 2011). Genom att kontinuerligt näringsbevattna (veckovis) med små näringsdoser minskar näringsläckaget, eftersom plantan endast förses med den näring den behöver (Bryla och Strik, 2015). Kvävebehovet under en odlingssäsong är inte konstant, utan beroende på hur stor tillväxten och fruktsättningen är bör kvävetillsättningen tillämpas efter plantans behov (Hart et al. 2006). Kvävehalten i växten kan bestämmas med hjälp av bladanalys (Hanson, 2006; Retamales och Hancock, 2012). Behovet av kväve är som högst mellan blomning och skörd (Hanson, 2006), och enligt Bryla och Strik (2015) bör kvävegödslingen starta vid knoppsprickningen och fortlöpa till ungefär två månader innan odlingssäsongens slut, då gödsling vid senare tillfällen kan leda till en minskning av nästa års blomknoppar. Det finns också risk för en ökad tillväxt under hösten vilket gör plantorna sårbara för frostsador under kommande vinter (Hart et al. 2006).

Blåbär tar lättare upp kväve i form av ammonium (NH₄⁺) istället för i nitratform (NO₃⁻) (Retamales och Hancock, 2012), och kvävetillförseln sker därför oftast med högre koncentration av NH₄⁺ vilket minskar näringsläckaget som kan inträffa vid för höga halter NO₃⁻. Enligt Hanson (2006) bidrar NH₄⁺ till en pH-sänkning närmast rotzonen. NO₃⁻ ökar istället pH-värdet närmast rotzonen vilket kan leda till utfällningar av järn eller mangan. Vid kvävegödsling kan man använda sig av en rad olika typer flytande

näring beroende på behovet (Hart et al. 2006). Gödsling med ammoniumsulfat används för att sänka pH-värden över 5, men ska enligt Hart et al. (2006) användas aktsamt för att förhindra ett allt för lågt pH, och vid redan låga pH-värden i marken kan det löna sig att gödsla med urea som är mindre försurande (Vargas och Bryla, 2015). Det har också blivit vanligare med tillsättning av humussyror (Bryla och Strik, 2015). Enligt Chen et al. (2004) kan humussyror användas för att förbättra jordstrukturen och för öka den mikrobiella aktiviteten. Bryla och Vargas (2014) menar att tillsättning av humussyror kan öka plantans tillväxt.

Scagel (2005) har visat att tillförsel av organiskt kväve ger en högre mykorrhizabildning än vid användning av oorganiskt gödsel. Vidare så menar Montalba et al. (2010) att organiskt kväve ger en ökad mikrobiell aktivitet i jorden och även ett ökad skydd mot jordpatogener i jämförelse med oorganiskt kväve. Ett försök av Scagel och Yang (2005) visar att mykorrhizainfektionen kan minska med ökande kvävegödsling. De såg att rötter ner till 15 cm djup hade minskande rotmassa och mykorrhizainfektion med ökande kvävegödsling, medan på djupare rötter var rotmassan högre medan symbiosen var oförändrad när kväve-givan ökade. Ju äldre plantorna var desto mer kväve tillsatte odlarna i jorden. Den högsta mykorrhizabildningen fann man i de övre 15 cm i jorden hos unga plantor, och mellan 15-30 cm hos äldre plantor. I deras försök var i snitt 22 % av den totala rotlängden infekterad av ericoid mykorrhiza. Då tidigare forskning visat att mykorrhizaförekomsten kan vara lägre vid odlingsårets slut (Scagel, 2003), kan denna siffra tänkas ha varit högre tidigare under odlingsåret eftersom Scagel och Yang gjorde sitt försök i augusti.

Tillsättning av andra näringsämnen än kväve, som till exempel fosfor och kalium, bör endast göras vid behov, vilket kan mätas med hjälp av antingen jordanalys eller bladanalys (Krewer och NeSmith, 1999).

3.3 Marktäckning

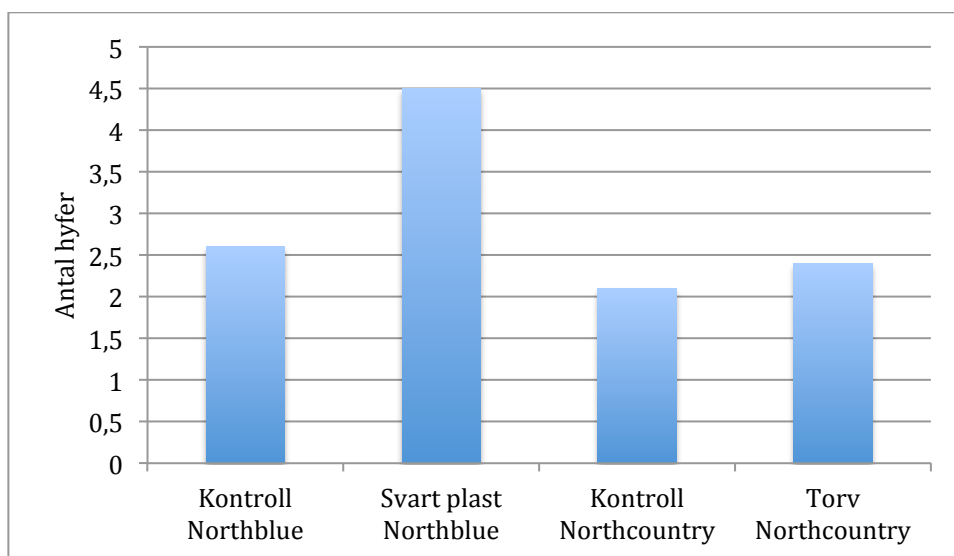
Enligt Starast et al. (2006) är användning av marktäckning vanligt förekommande i blåbärsodling. Genom användning av marktäckning skyddas jorden mot både höga och låga temperaturer vilket höjer jordens vattenhållande förmåga i det övre jordskiktet (Retamales och Hancock, 2012). Retamales och Hancock (2012) menar att detta är

viktigt eftersom blåbären har ett väldigt grunt rotsystem där många av rötterna även växer i marktäckningen. Marktäckningen hindrar även ogräs från att etablera sig i raderna och kan ge en högre andel organiskt material, beroende på vilken typ av marktäckning som används (Karp et al. 2006).

Scagel och Yang (2005) har granskat marktäckningens effekt på rottillväxt och mykorrhizabildning. Plantor utan marktäckning hade mindre andel rötter i de övre 15 cm av jorden, medan plantor som växte med marktäckning hade en jämnare fördelning av rötter från 0-30 cm djup. Den högsta andelen mykorrhiza hos plantorna utan marktäckning fanns i de övre 15 cm i jorden, tillskillnad från plantor med marktäckning där istället den högsta andelen mykorrhiza fanns på ett djup mellan 15-30 cm. Vid användning av organisk marktäckning kan kvävebehovet komma att öka, eftersom mycket av markens kväve tas upp av nedbrytande mikroorganismer (Retamales och Hancock, 2012).

Inom blåbärsodling används ofta marktäckning som ger en försurande effekt (Neilsen et al. 2009). Krewer et al. (2009) har granskat användning av marktäckning i form av tallbarr, tallbark och svart plast, där marktäckning gav en ökad tillväxt jämfört med plantor utan marktäckning. Den högsta skörden fick man vid användandet av tallbark och tallbarr. Man kunde även mäta en sänkning av jordens pH med användandet av de tre marktäckningarna. Minst ogräsförekomst fanns vid användandet av tallbark. I ett försök av Starast et al. (2002) där sågspån, torv, svart plast, inblandning av torv i jorden med torv som marktäckning och inblandning av torv i jorden med svart plast som marktäckning jämfördes såg man en positiv trend när torv användes. Inblandning av torv i jorden med antingen torv eller plast som marktäckning gav större plantor än vad man kunde se i de andra behandlingarna. Dock var vinterskadorna högre vid användning av svart plast. Sågspån som marktäckning var den enda av behandlingarna som inte gav någon högre planttillväxt än den hos kontrollplantorna utan marktäckning. Detta på grund av den höga C/N-kvot som sågspån har, och det krävs därför en högre tillförsel av kväve i jämförelse med de andra marktäckningarna. Torv gav den största sänkningen av pH. Mellan 0-5 cm djup var pH-värdet 4,5 för torv i jämförelse med sågspån som hade ett värde på 5,7 och svart plast med ett värde på 5,9. Kontrollgruppen utan marktäckning hade ett pH-värde på 5,9 (Karp et al. 2006). Starast et al. (2006)

jämförde hur stor mykorrhizabildningen var för olika typer av marktäckning för sorterna 'Northblue' och 'Northcountry'. Blåbärsplantor av sorten 'Northblue' med svart plast som marktäckning hade mer mykorrhiza än kontrollplantorna utan marktäckning. Även marktäckning med torv vid odling av sorten 'Northcountry' gav högre mykorrhizabildning än kontrollplantorna, även om denna skillnad inte var signifikant (figur 3). Man såg ett samband mellan ökande mykorrhizabildning och ökande planttillväxt och skörd. Plantorna med störst rotsystem var också de plantor som hade mest mykorrhizabildning per mm rot och högst katjonbyteskapacitet.



Figur 3. Medeltal av antal hyfer på rötter tagna från 10 stycken rotsegment vardera 5 mm långa, för varje behandling. Antal hyfer observerades under mikroskop med tre olika observationsfält per rotsegment. Där behandling Svart plast 'Northblue' gav ett signifikant högre resultat (Starast et al. 2006).

3.4 Sorter

Inom släktet *Vaccinium* är det framförallt tre blåbärsarter som odlas, *V. corymbosum* (highbush), *V. ashei* (rabbiteye) och *V. angustifolium* (lowbush) (Retamales och Hancock, 2012). Det förekommer även en rad olika hybrider mellan dessa arter.

Mykorrhizainfektionen påverkas av olika odlingsfaktorer men man har också sett variationer mellan olika blåbärssorter (Starast et al. 2006). Fyra sorter som är vanliga i svenska odlingar är Duke, Reka, Northblue och Bluecrop som alla klarar av lägre temperaturer (Nilsson, 2011).

3.4.1 Duke

Duke är en sort från arten *V. corymbosum* och odlas i kallare klimat då den är mycket vinterhärdig (Retamales och Hancock, 2012). Duke är vanligt förekommande i svenska odlingar då den ger en stor skörd tidigt på säsongen (Nilsson, 2011) Duke är känslig för höga halter av kväve, och en för hög kvävetillförsel kan leda till en lägre mykorrhizapopulation i rötterna vilket i sin tur kan ge en lägre tillväxt (Retamales och Hancock, 2012).

3.4.2 Reka

Reka är en kraftigt växande highbush-sort som växer bra även under sämre odlingsförhållanden (Nilsson, 2011). I ett norskt försök jämfördes skördestorleken för åtta olika highbush-sorter där Reka gav bäst resultat (Heiberg och Stubhaug, 2006). Två av de andra sorterna (Brigitta Blue och Blue Rose) klarade inte av de låga vintertemperaturerna och ansågs olämpliga för odling i Norden.

Nackdelen med Reka är det krävs kraftig beskärning årligen för att bibehålla en god årlig skörd (Nilsson, 2011). Till skillnad från Duke är Reka mindre känslig för högre halter av kväve, och kan därför få en högre skörd med ökande andel kvävegödsling (Retamales och Hancock, 2012). Man såg ingen effekt på mykorrhizaförekomsten vid högre eller lägre kvävegödsling för Reka.

3.4.3 Northblue

Northblue är en korsning mellan *V. corymbosum* och *V. angustifolium* och är mycket köldtålig (Nilsson, 2011). Northblue är en kortväxt planta som oftast inte blir högre än 50-60 cm (Wildung et al. 1983). I ett försök av Šterne et al. (2011) visade sig Northblue vara mycket vinterhärdig och ge en jämn skörd. Skörden var dock mindre än hos många andra sorter som till exempel Bluecrop och Patriot. Även Starast et al. (2009) har visat att Northblue är mycket vintertålig. Men trots det fick Northblue mycket mindre skörd än vad andra sorter som tagit stor skada under de kalla månaderna fick. Starast et al. (2006) såg en ökande mykorrhizabildning när marktäckning i form av svart plast användes för sorten Northblue (figur 2). Ökande mykorrhizabildning gav större tillväxt och en högre skörd.

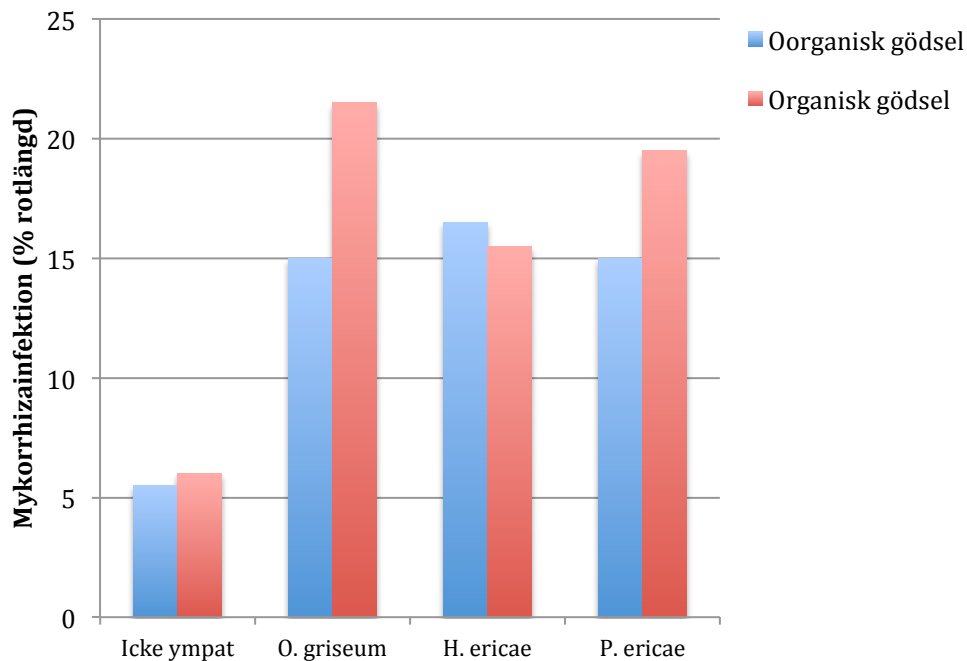
3.4.4 Bluecrop

Bluecrop är en högväxande highbush-sort och en av de äldsta sorterna som fortfarande odlas (Nilsson, 2011). I ett norskt försök såg Heiberg och Stubhaug (2006) att Bluecrop även klarar kyligare klimat. Enligt Yadong et al. (2006) hade Bluecrop störst tillväxt när den odlades i jord med inblandning av mossa och torv (Figur 1). Vid behandling med sågspån blev tillväxten låg vilket kan tänkas bero på kvävebrist. Bluecrop är inte känslig för höga halter kvävetillförsel. Till skillnad från andra sorter har Bluecrop, enligt Scagel och Yang (2005) störst rotlängd i de övre 15 cm av jorden oavsett halten tillfört kväve. Man kunde även urskilja en högre mykorrhizainfektion för rötter i de övre 15 cm.

3.5 Ympning

Rötterna hos många vilda arter inom familjen Ericaceae är starkt koloniserade av mykorrhizasvampar (Retamales och Hancock, 2012). I försök där inympning av mykorrhizasvampar på blåbär har gjorts har resultaten varit mestadels positiva (Koron och Gogala, 2000; Scagel, 2005; Eccher et al. 2009). Enligt Scagel (2005) ger ympning en ökad mykorrhizainfektion, och därav en större planttillväxt och högre näringsupptag. Scagel (2005) jämförde tre olika mykorrhizasvampar som ympades in på blåbär i krukor där antingen organisk eller oorganisk gödsel applicerades (figur 4). Svampisolaten hade före de tillsattes i krukorna odlats upp i en agarlösning. De tre isolaten var *Oidiodendron griseum*, *Pezizella ericae* och *Hymenoscyphus ericae*. Försöken med *O. griseum* och *P. ericae* visade en högre mykorrhizainfektion vid användning av organisk gödsel. Rotbiomassan var högre vid användning av organisk gödsel än oorganisk gödsel, dock var den totala biomassan högre vid användning av oorganisk gödsel. Detta kan bero på en lägre näringshalt i det organiska gödselmedlet och förklarar också varför mykorrhizainfektionen var högre när organisk gödsel användes, eftersom högre kvävehalter kan hämma mykorrhizabildningen (Hanson, 2006). I försöket jämfördes även sju olika blåbärssorter. De tre svampisolaten gav högre mykorrhizabildning jämfört med kontrollgruppen utan inympning för alla blåbärssorter, men vilket av isolaten som gav högst mykorrhizabildning varierade mellan de olika sorterna. Koron och Gogala (2000) hade också en högre mykorrhizainfektion vid ympning, och såg skillnader mellan olika blåbärsarter då *O. griseum* och *O. rhodogenum* jämfördes. Å andra sidan visade Smagula och Litten (1989) att inympning inte höjer

mykorrhizainfektionen. Av tre olika isolat gav ingen av behandlingarna en ökad mykorrhizainfektion, högre längdtillväxt eller torrsvikt än kontrollplantorna. Eftersom flera olika faktorer är viktiga för att få en ökad mykorrhizainfektion, så som, pH, kvävehalt, kvävetyp, svampisolat (Haynes och Swift, 1985) och blåbärssort (Koron och Gogala, 2000; Scagel, 2005), varierar resultaten mellan olika försök.



Figur 4. Andel mykorrhizainfektion (% rotlängd) för tre olika svampisolat inympat på blåbär odlade i kruka, med organisk eller oorganisk tillsatt gödsel (Scagel, 2005).

4. Diskussion

Litteraturstudien visar att man med hjälp av olika yttre faktorer kan styra tillväxt och mykorrhizabildning hos trädgårdsblåbär (Scagel och Yang, 2005; Yadong et al. 2006; Krewer et al. 2009). Försök har visat att plantor med en högre mykorrhizabildning även har haft en större tillväxt (Bajwa och Read, 1986; Scagel, 2005; Starast et al. 2006; Tang et al. 2014). Olika metoder för att mäta mykorrhizainfektionen hos rötterna gör det svårt att jämföra försök med varandra. Scagel (2005) mätte hur mycket procent av ett rotsegment som var infekterat av ericoid mykorrhiza. Starast et al. (2006) mätte istället

ett medeltal för antalet hyfer på ett rotsegment där man på varje rotsegment studerade tre olika observationsfält. I försök av Yang et al. (1998) och Yang et al. (2002) användes samma mätmetod där antal procent infekterade epidermisceller räknades. Yang et al. (1998) använde ympade plantor med svart plast som marktäckning och med inblandat sågspån i jorden. Antalet infekterade epidermisceller var 21,1%. Yang et al. (2002) använde ympade plantor med svart plast som marktäckning, men istället för sågspån så användes även inblandning av skogsförna. Mykorrhizainfektionen i detta försök var högre, 25,6%, vilket kan tänkas bero på användningen av skogsförna.

Vid kulturstart är det viktigt att förbereda jorden innan planteringen sker eftersom blåbärens naturliga växtplats är på sura näringsfattiga skogsmarker med hög andel organiskt material (Haynes och Swift, 1985). Är pH-värdet högre än 5,5 har rötterna, enligt Retamales och Hancock (2012), svårare att ta upp järn från marken. Vid kommersiell odling behövs ofta någon form av jordförbättring då våra odlingsjordar ofta har ett högre pH-värde än vad som är optimalt för trädgårdsblåbär, och man kan därför genom att tillföra olika typer organiskt material hjälpa till att höja mullhalten i jorden och sänka dess pH-värde vilket främjar odlingen (Yadong et al. 2006). En hög andel organiskt material och ett lågt pH (4,0 - 5,5) i jorden har visats ge en större tillväxt och skörd (Haynes och Swift, 1985; Eynard och Czesnik, 1989; Yadong et al. 2006). I försök såg emellertid Yadong et al. (2006) att tillförsel av enbart svavel i jorden, som är försurande, gav en ökande tillväxt och mykorrhizainfektion trots en lägre halt organiskt material, och frågan är om det är den organiska halten eller den försurande effekten som är betydelsefull för tillväxt och mykorrhizabildning, då det i detta fall är tydligt att ett lägre pH-värde är viktigare än en hög halt organiskt material. De vanligaste typerna av organiskt material som används har ofta en försurande effekt, till exempel torv och mossor (Haynes och Swift, 1985; Yang et al. 2002; Yadong et al. 2006). Användning av humusrik torv som organiskt material är vanligt förekommande i svensk blåbärsodling (Nilsson, 2011). Vanligt är att man tar bort den befintliga jorden och tillsätter torv, och man kan på detta sätt odla blåbär på jordar som annars inte är gynnsamma för blåbär (Ochmian et al. 2009; Nilsson, 2011). Vid flera olika försök har torv som jordförbättrare gett goda resultat med ökad tillväxt, skörd och mykorrhizainfektion (Starast et al. 2002; Yadong et al. 2006; Vano et al. 2011). Framtiden för torv som odlingssubstrat är osäker då motståndet för användningen växer. Ett EU-förslag som kan stoppa användning av

torv i växthusodling har lagts fram och ett större förbud kan ge problem för den svenska odlingen av blåbär, speciellt med anseende på den ekologiska (EGTOP, 2013). Enligt Jordbruksverket (2013) är priset på torv per m³ 250 kr vilket är dyrare än andra odlingssubstrat. En framtida studie om ett alternativt substrat istället för torv i ekologisk odling hade varit intressant.

Eftersom olika organiska material har olika C/N-kvot är det viktigt att tillämpa rätt kvävegödsling då en för hög C/N-kvot kan leda till en immobilisering av markens kväve vilket i sin tur leder till minskat kväveupptag av rötterna (Yang et al. 2002). Vid flera försök har växternas tillväxt hämmats vid användning av sågspån som har en hög C/N-kvot (<30:1) (Goulart et al. 1996; Yang et al. 1998; Yang et al. 2002). Yang et al. (2002) jämförde tillväxten på plantor med antingen inblandat sågspån eller inblandat skogsförna, som har en lägre C/N-kvot, och kunde då visa att mindre kväve behövs tillsättas när C/N-kvoten är lägre då inblandning av skogsförna gav en större tillväxt hos plantorna. För att kunna tillsätta lämplig halt kväve måste vissa faktorer först fastställas. Som förklarats tidigare är förhållandet mellan kol och kväve i det organiska materialet en viktig faktor att ta hänsyn till (Yang et al. 2002). Man kan även i samband med kvävegödsling använda sig av försurande gödselmedel som till exempel ammoniumsulfat eller ammoniumfosfat-sulfat (Hart et al. 2006). Kvävebrist märks först på äldre blad som bleknar och får en ljus grön eller gulaktig färg (Retamales och Hancock, 2012). Om det istället är en för hög kvävetillsättning kan detta bidra till en minskad mykorrhizabildning i den övre delen av jorden och ge en reducerad rotmassa (Scagel och Yang, 2005). Eftersom den högsta mykorrhizabildningen hos unga plantor finns i de övre 15 cm av jorden (Scagel och Yang, 2005) är yngre plantor extra känsliga för högre halter kväve. En för hög kvävekoncentration ger många kraftiga skott och bladen får en mörk grön färg (Retamales och Hancock, 2012). Även appliceringstekniken har betydelse för hur stor mängd kväve som ska tillföras (Bryla, 2011; Bryla och Strik, 2015). Bryla (2011) menar att man, vid användning av näringsbevattnings, kan tillföra en mindre mängd kväve än vid ovanbevattnings då näringsbevattnings leder till mindre näringsförluster. Även fast droppbevattnings har en ekonomisk fördel då en mindre mängd kväve behövs tillsättas är det en stor investering för odlaren (Bryla, 2011).

Marktäckning används för att minska ogrästrycket, sänka markens pH-värde och öka halten av organiskt material (Karp et al. 2006). Vid användning av marktäckning kommer mycket av kvävet att bli otillgängligt för växten eftersom nedbrytarna i marktäckningen kommer nyttja jordens kväve och behovet av en högre kvävegiva uppstår (Retamales och Hancock, 2012). I ett försök av Krewer et al. (2009) sänkte marktäckning med tallbark markens pH och minskade ogrästrycket. Skörden var även högre vid användning av tallbark än vid användning av svart plast eller tallbarr. Användning av svart plast som marktäckning bör kompletteras med någon form av inblandning i jorden som till exempel torv för att ge en ökad halt organiskt material (Starast et al. 2002). Starast et al. (2006) visade att antalet svamphyfer var större för plantor med svart plast som marktäckning än för plantor marktäckta med torv. Dock använde man två olika sorter, 'Northblue' och 'Northcountry', i sitt försök, och det är därför svårt att säga om skillnaden i mykorrhizabildning mellan svart plast och torv berodde på marktäckningen eller på sorten. Starast et al. (2002) såg också stora vinterskador på plantorna där svart plast användes för sorten 'Northcountry'.

Vid val av blåbärssort för odling i de norra breddgraderna är det viktigaste att den är köldtålig (Nilsson, 2011). För de flesta sorter är olika odlingsförhållanden gynnsamma (Retamales och Hancock, 2012), och för att maximera den slutliga skörden måste man veta odlingsfaktorerna för just den sort man odlar. Kvävetillförseln måste anpassas till vilket blåbärssort man odlar eftersom det finns stora skillnader mellan de olika sorterna. Duke är mycket känslig för höga halter kväve, och en för hög koncentration kan leda till mindre tillväxt och mykorrhizabildning (Retamales och Hancock, 2012). Sorten Reka har istället visats få en ökad skörd med en ökad kvävegiva (Retamales och Hancock, 2012).

Trots att forskningsresultaten varierar vad gäller ympning och dess effektivitet har de flesta försöken fått goda resultat (Koron och Gogala, 2000; Scagel 2005; Eccher et al. 2009). En orsak till de varierande resultaten kan vara alla de ovan nämnda faktorer som måste uppfyllas för att få en god tillväxt och mykorrhizabildning. Eccher et al. (2009) menar också att försök under en period på 1-2 år inte ger en rättvis bild för symbiosen på lång sikt. Det har även visats ge olika resultat beroende på vilket svampisolat man använt vid inympningen (Scagel, 2005; Scagel et al. 2005). Eccher et al. (2009) såg en

skillnad mellan olika blåbärssorter där ett svampisolat kunde ge en ökad tillväxt för en sort medan den istället gav en minskad tillväxt för en annan sort.

5. Slutsats

- pH-värdet och halten organiskt material är viktigt för en ökad mykorrhizabildning.
- Kvävegödsling kan antingen öka eller sänka mykorrhizainfektionen beroende på halten.
- Marktäckning kan öka planttillväxt och mykorrhizainfektion. Man kan också, genom att använda sig av försurande marktäckning, sänka pH-värdet i marken.
- Vissa sorter bildar mer mykorrhizasymbios än andra. Det finns också skillnader i hur känsliga de olika sorterna är för kvävetillförsel.
- Ympning har visat goda resultat och gett en ökad mykorrhizainfektion. Mellan olika typer av svampisolat har resultaten varierat.

6. Referenslista

- Bajwa, R., Read, D.J. (1986). *Utilization of Mineral and Amino N Sources by the Ericoid Mycorrhizal Endophyte Hymenoscyphus ericae and by Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Seedlings of Vaccinium*. Transactions of the British Mycological Society 87(2) 269-277. Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153686800304> [2015-12-18]
- Bryla, D.R. (2011). *Application of the "4R" Nutrient Stewardship Concept to Horticultural Crops: Getting Nutrients in the "Right" Place*. HortTechnology 21, 674-682. Tillgänglig: <http://horttech.ashspublications.org/content/21/6/674.full> [2015-11-23]
- Bryla, D.R., Machado, R.M.A. (2011). *Comparative Effects of Nitrogen Fertigation and Granular Fertilizer Application on Growth and Availability of Soil Nitrogen during Establishment of Highbush Blueberry*. Front Plant Sci. 2, 46. Tillgänglig: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3355603/> [2015-12-01]
- Bryla, D.R., Vargas, O. (2014). *Nitrogen Fertilizer Practices for Rapid Establishment of Highbush Blueberry: A Review of Six Years of Research*. Acta Hort. 1017, 415-421. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.50> [2015-11-15]
- Bryla, D.R., Strik, B.C. (2015). *Nutrient Requirements, Leaf Tissue Standards, and New Options for Fertigation of Northern Highbush Blueberry*. HortTechnology, 25(4), 464-470. Tillgänglig: <http://hdl.handle.net/1957/57521> [2015-12-07]
- Cairney, J.W.G., Burke, R.M. (1998). *Extracellular Enzyme Activities of the Ericoid Mycorrhizal Endophyte Hymenoscyphus ericae (Read) Korf & Kernan: Their Likely Roles in Decomposition of Dead Plant Tissue in Soil*. Plant and Soil, 205(2), 181-192. Tillgänglig: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1004376731209> [2015-12-04]
- Chen, Y., Clapp, C.E., Magen, H. (2004) *Mechanisms of Plant Growth Stimulation by Humic Substances: The Role of Organo-iron Complexes*. Soil Science and Plant Nutrition, 50(7), 1089-1095, Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579> [2015-11-18]
- Eccher, T., Bacchetta, M., Granelli, G. (2009). *Long Term Effects of Ericoid Endomycorrhizae on the Growth of Micropropagated Plants of Vaccinium corymbosum L. in the Field*, Acta Hort. 810, 657-664. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.87> [2015-12-02]
- EGTOP. (2013) *Final Report On Greenhouse Production (Protected Cropping)*. European Commission EGTOP/6/13 Tillgänglig: http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/expert-advice/documents/final-reports/final_report_egtop_on_greenhouse_production_en.pdf [2015-12-14]
- Eynard, I., Czesnik, E. (1989). *Incidence of Mycorrhiza in 4 Highbush Blueberry Cultivars in Different Soils*. Acta Hort. 241, 115-119. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.241.17> [2015-12-16]

- Federspiel, A., Schuler, R., Haselwandter, K. (1991). *Effect of pH, L-ornithine and L-proline on the Hydroxamate Siderophore Production by Hymenoscyphus ericae, a Typical Ericoid Mycorrhizal Fungus*. Plant and Soil, 130(1), 259-261. Tillgänglig: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00011881> [2015-11-29]
- Goulart, B. L., Demchak, K., Yang, W. Q. (1996). *Effect of Cultural Practices on Field Grown 'Bluecrop' Highbush Blueberries, with Emphasis on Mycorrhizal Infection Levels*. Acta Hort., 46, 271-278. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/446/446_41.htm [2015-11-22]
- Hanson, E.J. (2006). *Nitrogen Fertilization of Highbush Blueberry*. Acta Hort. 715, 347-352 Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/715/715_51.htm [2015-11-23]
- Hart, J., Strik, B., White, L., Yang, W. (2006). *Nutrient Management for Blueberries in Oregon*. Oregon State University Extension Service, Corvallis, OR [EM8918]. Tillgänglig: <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/20444/em8918.pdf?sequence=3> [2015-11-23]
- Haselwandter, K. (2008). *Structure and Function of Siderophores Produced by Mycorrhizal Fungi*. Mineralogical Magazine, 72(1), 61-64(4). Tillgänglig: <http://www.ingentaconnect.com/content/minsoc/mag/2008/00000072/00000001/art00015> [2015-12-04]
- Haynes, R.J., Swift, R.S. (1985). *Growth and Nutrient Uptake by Highbush Blueberry Plants in a Peat Medium as Influenced by pH, Applied Micronutrients and Mycorrhizal Inoculation*. Scientia Horticulturae, 27, 285-294. Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304423885900330> [2015-11-13]
- Heiberg, N., Stubhaug, E. (2006). *First Results from Cultivar Trials with Highbush Blueberry in Norway*. Acta Hort. 715, 307-312. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.45> [2015-11-28]
- Jordbruksverket. (2013). *Kalkyler för trädgårdsblåbär*. Tillgänglig: <http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr2912.html> [2015-12-14]
- Karp, K., Noormets, M., Starast, M., Paal, T. (2006). *The Influence of Mulching on Nutrition and Yield of 'Northblue' Blueberry*. Acta Hort. 715, 301-306. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.44> [2015-11-13]
- Koron, D., Gogala, N. (2000). *The use of Mycorrhizal Fungi on the Growing of Blueberry Plants (Vaccinium corymbosum L.)*. Acta Hort. 525, 101-106. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/525/525_11.htm [2015-11-23]
- Krewer, G., NeSmith, D.S. (1999). *Blueberry Fertilization In Soil*. The Southern Small Fruit Consortium. Tillgänglig: <http://www.smallfruits.org/blueberries/production/blueberryfert.pdf> [2015-11-16]
- Krewer, G., Tertuliano, M., Andersen, P., Liburd, O., Fonsah, G., Serri, H., Mullinix, B. (2009). *Effect of Mulches on the Establishment of Organically Grown Blueberries in*

- Georgia. Acta Hortic. 810, 483-488. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.63> [2015-11-16]
- Montalba, R., Arriagada, C., Alvear, M., Zúñiga, G.E. (2010). *Effects of Conventional and Organic Nitrogen Fertilizers on Soil Microbial Activity, Mycorrhizal Colonization, Leaf Antioxidant Content, and Fusarium Wilt in Highbush Blueberry (Vaccinium corymbosum L.)*, Scientia Horticulturae, 125(4), 775-778 Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423810002128> [2015-11-22]
- Neilsen, G.H., Lowery, D.T., Forge, T.A., Neilsen, D. (2009). *Organic Fruit Production in British Columbia*. Can. J. Plant Sci. 89, 677-692. Tillgänglig: <http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/CJPS08167> [2015-11-21]
- Nilsson, T. (2011). *Odling av blåbär*. LTJ-fakultetens faktablad. 2011:11. Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/5688/1/nilsson_t_110210_8.pdf [2015-11-21]
- Ochmian, I., Grajkowski, J., Mikiciuk, G., Ostrowska, K., Chelpinski, P. (2009). *Mineral Composition of High Blueberry Leaves and Fruits Depending on Substrate Type used for Cultivation*. Journal of Elementology, 14, 509-516. Tillgänglig: <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-13a8874b-d0d2-4ce4-8d43-a76488753555/c/jelem.2009.14.3.09.pdf> [2015-12-09]
- Retamales, J.B., Hancock, J.F. (2012). *Blueberries*. Crop Production Science in Horticulture Series, 21 Wallingford: CABI. Tillgänglig: <http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2012/20123043483.pdf> [2015-12-02]
- Scagel, C. (2003). *Mycorrhizal Status of Sand-based Cranberry (Vaccinium macrocarpon) Bogs in Southern Oregon*. Small Fruits Review; 2, 31-41. Tillgänglig: [http://www.researchgate.net/publication/43275010_Mycorrhizal_Status_of_Sand-Based_Cranberry_\(Vaccinium_macrocarpon\)_Bogs_in_Southern_Oregon](http://www.researchgate.net/publication/43275010_Mycorrhizal_Status_of_Sand-Based_Cranberry_(Vaccinium_macrocarpon)_Bogs_in_Southern_Oregon) [2015-12-05]
- Scagel, C. (2005). *Inoculation with Ericoid Mycorrhizal Fungi Alters Fertilizer Use of Highbush Blueberry Cultivars*. HortScience 40(3), 786-794. Tillgänglig: <http://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=19394&content=PDF> [2015-11-26]
- Scagel, C.F., Yang, W.Q. (2005). *Cultural Variation and Mycorrhizal Status of Blueberry Plants in NW Oregon Commercial Production Fields*. International Journal of Fruit Science, 5(2). Tillgänglig: http://dx.doi.org/10.1300/J492v05n02_10 [2015-11-16]
- Scagel, C.F., Wagner, A., Winiarski, P. (2005). *Inoculation with Ericoid Mycorrhizal Fungi Alters Root Colonization and Growth in Nursery Production of Blueberry Plants from Tissue Culture and Cuttings*. Small Fruits Review, 4(4). Tillgänglig: <http://www.entomology.oregonstate.edu/system/files/2005ScagelBBInocSFR.pdf> [2015-12-16]
- Smagula, J.M., Litten, W. (1989). *Effect of Ericoid Mycorrhizae Isolates on Growth and Development of Lowbush Blueberry Tissue Culture Plantlets*. Acta Hortic. 241, 110-114. Tillgänglig: <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=19267> [2015-12-02]

Smith, S.E., Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. 3. Ed. London: Academic Press

Starast, M., Karp, K., Paal, T. (2002). *The Effect of Using Different Mulches and Growth Substrates on Half- Highbush Blueberry (Vaccinium corymbosum x V. angustifolium) Cultivars 'Northblue' and 'Northcountry'*. Acta Hort. 574, 281-286. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.574.42> [2015-12-01]

Starast, M., Karp, K., Vool, E., Paal, T., Albert, T. (2005). *Effect of NPK Fertilization and Elemental Sulphur on Growth and Yield of Lowbush Blueberry*. Agricultural and food science, 16, 34-35. Tillgänglig: <http://www.oaj.tsv.fi/index.php/AFS/article/view/5861> [2015-12-16]

Starast, M., Koljalg, U., Karp, K., Vool, E., Noormets, M. and Paal, T. (2006). *Mycorrhizal Colonization of Half-High Blueberry Cultivars Influenced by Cultural Practices*. Acta Hort. 715, 449-454. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.68> [2015-12-01]

Starast, M., Paal, T., Vool, E., Karp, K., Albert, T. and Moor, U. (2009). *The Productivity of Some Blueberry Cultivars under Estonian Conditions*. Acta Hort. 810, 103-108. Tillgänglig: <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=8837> [2015-12-02]

Šterne, D., Liepniece, M., Sausserde, R., Āboliņš, M. (2011). *Influence of Temperature on the Productivity of Highbush Blueberry Cultivars*. Sodininkystē ir Daržininkystē, 30, 77–84. Tillgänglig: http://sodininkyste-darzininkyste.lsdil.lv/straipsniai/30-2/9_Sterne.pdf [2015-11-28]

Tang, X., Yadong, L., Xiaojia, L., Lin, W., Zhidong, Z. (2014). *Influence on Mycorrhizal Infection Incidence of Blueberry in Different Organic Materials*. Acta Hort. 1017, 531-537. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.66> [2015-12-21]

Vargas, O. L., Bryla, D. R. (2015). *Growth and Fruit Production of Highbush Blueberry Fertilized With Ammonium Sulfate and Urea Applied by Fertigation or as Granular Fertilizer*. HortScience, 50(3), 479-485. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/50/3/479.full> [2015-12-13]

Yadong, L., Xuedong, T., Lin, W., Zhang, Z. (2006). *Effect of Organic Material on Soil Properties, Plant Growth, Leaf Photosynthesis, Nutrient Uptake and Mycorrhizal Infection of Blueberries*. Acta Hort. 715, 375-380. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/715/715_56.htm [2015-11-12]

Yang, W.Q., Goulart, B.L., Demchak, K. (1996). *The Effect of Aluminium and Media on the Growth of Mycorrhizal and Nonmycorrhizal Highbush Blueberry Plantlets*. Plant and Soil, 183(2), 301-308. Tillgänglig: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00011445> [2015-11-16]

Yang, W.Q., Goulart, B.L., Demchak, K. (1998). *Mycorrhizal infection and Plant Growth of Highbush Blueberry in Fumigated Soil Following Soil Amendment and Inoculation with Mycorrhizal Fungi*. HortScience 33(7), 1136-1137. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/33/7/1136.full.pdf> [2015-11-19]

Yang, W.Q., Goulart, B.L., Demchak, K., Li, Yadong. (2002). *Interactive Effects of Mycorrhizal Inoculation and Organic Soil Amendments on Nitrogen Acquisition and Growth of Highbush Blueberry*. Journal of the American Society for Horticultural Science 127, 742-748. Tillgänglig:

<http://journal.ashspublications.org/content/127/5/742.short> [2015-11-16]

Vano, I., Matsushima, M., Tang, C., Inubushi, K. (2011). *Effects of Peat Moss and Sawdust Compost Applications on N₂O Emission and N Leaching in Blueberry Cultivating Soils*. Soil Science and Plant Nutrition. 57, 348-360. Tillgänglig:

<http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2011.574596> [2015-12-07]

Wildung, D., Luby, J., Munson, S., Stushnoff, C. (1983). *Northblue and Northsky Blueberries*. Minn. Agr. Exp. Sta. Ext. Bul. AD-MR-2190. Tillgänglig:

<http://purl.umn.edu/141440> [2015-12-03]